



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Petteri Pirttimäki

# ABRASIIVIN POISTOJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

Tekniikka ja liikenne

2010

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan Ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Toimeksiantajana oli Ultracut Oy.

Vaasan ammattikorkeakoulun puolesta työn ohjaajana toimi lehtori Timo Gröndahl ja Ultracut OY:n puolesta Ari Ruuska sekä Promote OY:n Jarmo Arttijeffer, ja haluan kiittää heitä saamastani tuesta ja avusta.

Vaasassa 1.6.2010

Antti Pirttimäki

# VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Pirttimäki
Opinnäytetyön nimi	Abrasiivin poistojärjestelmän uusiminen
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	31 + 4 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl

---

Opinnäytetyö toteutettiin Ultracut OY-nimisessä yrityksessä, joka toimii vesileikkausalalla. Ongelmana yrityksellä on vesileikkauksessa käytettävän abrasiivin kertyminen altaan pohjalle. Allas joudutaan kerran kuukaudessa tyhjentämään pumppuauton avulla, jolloin työt seisahtuvat. Työn tavoitteena on suunnitella ja uusia yrityksen käyttämä abrasiivin poistojärjestelmä sellaiseksi ettei abrasiivi kertyisi altaan pohjalle, eikä pumppuautoa näin ollen tarvita.

Suunnittelussa käytettiin yritykseltä saatuja tietoja nykyisen altaan toiminnasta, sekä tutkittiin jo olemassa olevia ratkaisuja muilta aloilta. Näiden pohjalta ideointiin useita eri vaihtoehtoja miten abrasiivi voitaisiin imeä altaasta. Suunnittelu toteutettiin Vaasan Ammattikorkeakoulun tiloissa Pro E-nimisellä suunnitteluohjelmistolla.

Vesileikkausaltaaseen suunniteltiin useita eri vaihtoehtoja, joista yksi valittiin jatkokehitettäväksi. Valitussa ratkaisussa abrasiivi imetään kuudella eri imuputkella, jotka on reiätetty useammasta kohdasta. Imu toteutetaan kolmella eri kalvopumppulla. Lisäksi altaaseen suunniteltiin paluuvedelle linjastot, joita pitkin käytetty vesi palautetaan keskipakopumpun avulla korkealla paineella takaisin altaaseen. Paluuveden tarkoituksena on sekoittaa abrasiivihiekkaa samalla pitäen sen liikkeessä, jolloin abrasiivihiekka ei pääse kertymään altaan pohjalle.

---

Asiasanat	vesileikkaus, abrasiivi, imu, pumppaus
-----------	--

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Kone- ja tuotantotekniikka koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Antti Pirttimäki
Title	Renewal of the Abrasive removal system
Year	2010
Language	Finnish
Pages	31 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

---

The thesis was carried at a company called Ultracut OY which operates in water jet cutting field. The company has had a problem that the abrasive used in water cutting accumulates at the bottom of the basin. The basin will have to be cleaned once a month using a pump car, which causes idle time. The aim was to design a new abrasive removal system so that the abrasive does not accumulate at the basin bottom and the pump the car is not therefore required.

Information about the current operation of the basin received from the company was used in the design. An analysis of existing solutions in the other areas was also made. Based on these ideas were several options how to suck abrasive off the tank were developed. The planning took place in the premises of Vaasa University of Applied sciences using the Pro-E design software.

Many different options were designed for the water cutting basin, one of which was selected to be developed further. In the chosen solution abrasive is sucked with six different suction pipes, which are perforated in several places. The suction takes place with three different diaphragm pumps. In addition, return water lines were designed along which the used water used is returned using a centrifugal pump at high pressure back to the basin. The purpose of the return water is to mix abrasive sand and at the same time keeping it in circulation so that abrasive sand does not accumulate at the bottom of the intake basin.

---

Keywords	Water Jet Cutting, Abrasive, Pumping, Suction
----------	---

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT.....	4
LIITELUETTELO .....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoitteet ja toteutus .....	7
1.3 Yritysesittely.....	8
1.4 Tuotteet.....	9
1.5 Materiaalit.....	9
1.6 Mittatarkkuus.....	9
2 ESISUUNNITTELU .....	11
3 SUUNNITTELU .....	13
3.1 Mäkiallas .....	13
3.2 Kolmioharjanne .....	14
3.3 Lattialämmitys .....	15
3.4 Nykyinen malli .....	18
3.5 Hylätyt ideat .....	20
4 PUMPUT.....	22
4.1 Paineilmakäyttöinen kalvopumppu .....	22
4.2 Letkupumppu.....	23
4.3 Hammasrataspumppu .....	23
4.4 Keskipakopumppu .....	24
5 VALITTU RATKAISU .....	25
6 PUMPUN VALINTA .....	28
6.1 Imupumppu.....	28
6.2 Paluuvesipumppu.....	29
6.3 Toimintatapa.....	29
7 KUSTANNUSARVIO .....	30
LÄHTEET .....	31
LIITTEET	

## **LIITELUETTELO**

LIITE 1 Lähtötilanne

LIITE 2 Kalvopumpun tuottokäyrä Ultra-flex-fitted-kalvoilla

LIITE 3 Muototeräpöydän alkuperäiset piirustukset

LIITE 4 Valitun ratkaisun piirustukset

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Työ toteutettiin Ultracut Oy-nimisessä yrityksessä, jonka toimenkuvana on vesileikkauspalvelut. Lähtökohtana työlle oli ongelma, jossa vesileikkauksessa käytettävä hienojakoinen abrasiivihiekka jämähtää altaan pohjalle täyttäen altaan. Tähän mennessä pumppuauto on käynyt poistamassa abrasiivilietteen kerran kuukaudessa, mutta samalla tuotanto pysähtyy kyseiseksi päiväksi ja tämä pyritään nyt ehkäisemään. Yrityksessä on ollut käytössä yksi kalvopumppu, jonka imuteho ei ole ollut riittävä abrasiivin poistamiseen. (Katso liite 1).

## 1.2 Työn tavoitteet ja toteutus

Työn tavoitteena on suunnitella toimiva abrasiivin poistojärjestelmä 6500x3300x850 kooltaan olevaan vesileikkauksaltaaseen. Työhön kuuluu myös suunnitella järjestelmä, jossa vesileikkauksessa käytettävä vesi saataisiin palautettua takaisin altaaseen mahdollisimman tehokkaasti samalla sekoittaen abrasiivilietettä ja estäen lietteen jähmettymisen altaan pohjalle.

Työ toteutettiin koulun koneilta löytyvällä Pro E-nimisellä suunnitteluohjelmistolla, ja työn raportointi suoritettiin sekä Vaasan Ammattikorkeakoulun tiloissa, että myös kotona. Suunnittelussa käytettiin yritykseltä saatuja materiaaleja, joita kertyi käydyissä palaverissa, sekä yrityksen lähettämiä teknisiä tietoja, kuten yrityksen palkkaaman konsultin Jarmo Arttijeffin lähettämiä piirustuksia altaasta.

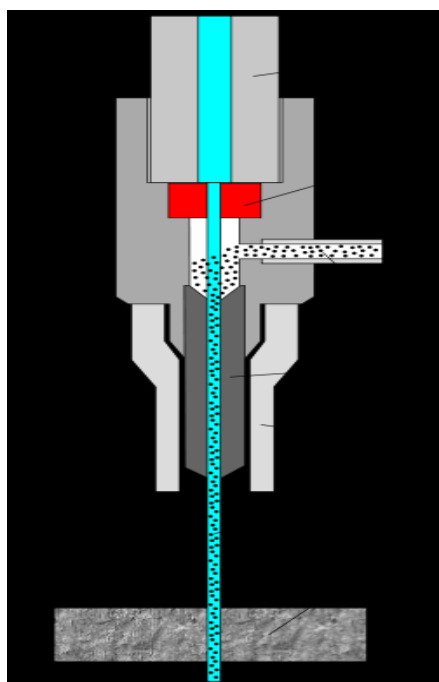
Lisäksi materiaalia löytyi jonkun verran Internetistä (jo olemassa olevia ratkaisuja eri aloilta), kuten jätevedenpuhdistamojen, uimahallien, rikastustuottamojen ja lämpövesiputkistojen käyttämiä tekniikoita. Niiden jatkokehittämisen osalta päästiin erinäköisiin suunnitteluratkaisuihin, joiden pohjalta yksi toimiva ratkaisu valittiin.

### 1.3 Yritysesittely

Yritys, jossa opinnäytetyö tehtiin, perustettiin Vaasassa Strömberg Parkin alueelle vuonna 1996. Vuonna 2006 yritys muutti uusiin tiloihin Vaasan teollisuusalueelle. Yrityksen toimenkuvana on korkeapainevesileikkaus, jonka ansiosta yritys pystyy tarjoamaan useille teollisuudenaloille niiden tarpeisiin sopivia palveluita. Yrityksen käyttämällä menetelmällä on ratkaistu ongelmia, joihin muut leikkausmenetelmät, kuten laserleikkaus ovat törmänneet (kuten lämpölaajeneminen kappaleiden osalta). Vesileikkaus on ystävällinen materiaalia kohtaan, koska pinta ei vahingoitu eikä taipumisia tapahdu, sillä leikkausvoima kohdistuu vain yhteen pisteeseen kerrallaan. Monimutkaisten geometrioiden leikkaaminen vedellä on erittäin helppoa ja nopeaa. /8/

Vesileikkaus voidaan suorittaa puhtaalla vedellä, joka ohjataan leikattavaan kappaleeseen suuttimen avulla jopa 400Mpa korkeapaineella. Vesileikkauksessa käytetään myös usein hienojakoista abrasiivihiekkaa joka on raekooltaan 50–80 meshia, mikä mahdollistaa kovien materiaalien kuten teräksen leikkaamisen.

Alla (Kuva 1) esitetään miten abrasiivihiekka sekoitetaan veden joukkoon ennen kuin sillä työstetään leikattavaa kappaletta.



**Kuva 1. Abrasiivihiekan sekoitus veteen**



## 1.4 Tuotteet

Yritys on vuosien saatossa kehittynyt vaativien kohteiden alihankkijaksi. Työn tuloksena ovat olleet tähän mennessä tehdyt hotellien ulkovuorauslevyt, loistoristeilijöiden sisustusosat, vesivetolaitteiden rakenneosat, dieselmoottoreiden erilaiset laipparatkaisut, muuntajien eristelevyt jne. Yrityksen historian suurin haaste ja työllistäjä on ollut Helsingin keskustan liepeillä sijaitseva Simonkentän Scandic-hotellin ulkovuoraus (kuva 2). /8/



**Kuva 2. Simonkentän Scandic-hotelli**

## 1.5 Materiaalit

Vesisuihkuleikkaus soveltuu lähes kaikille materiaaleille. Puhtaalla vedellä leikataan pehmeät materiaalit, kuten vanerit, lasikuidut, muovit ja kumit. Kun materiaalin paksuus ja tiheys kasvavat, siirrytään leikkaamaan abrasiivihiekalla. Abrasiivi tarkoittaa, että veteen sekoitetaan erittäin hienoa hiekkaa, jolloin vesisuihkun tehokkuus moninkertaistuu. Tällaisella menetelmällä voidaan leikata terästä, kuparia, alumiinia, lasia ja erilaisia kivilaatuja kuten graniittia. /8/

## 1.6 Mittatarkkuus

Mittatarkkuus on myös useimpiin kohteisiin riittävä (+ - 0,1 mm). Yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka tekee vesileikkauksen kilpailijoitaan paremmaksi, on saavutettava leikkausjäljen siisteys. Työstönopeudessa vesileikkaus jää jälkeen kaasuleikkauksesta, plasmasta tai laserista, mutta se korvataan tehokkaasti suutinpäitä lisäämällä. Raaka-aineen dimensioiden hyödyntäminen puoltaa vesileikkausta,

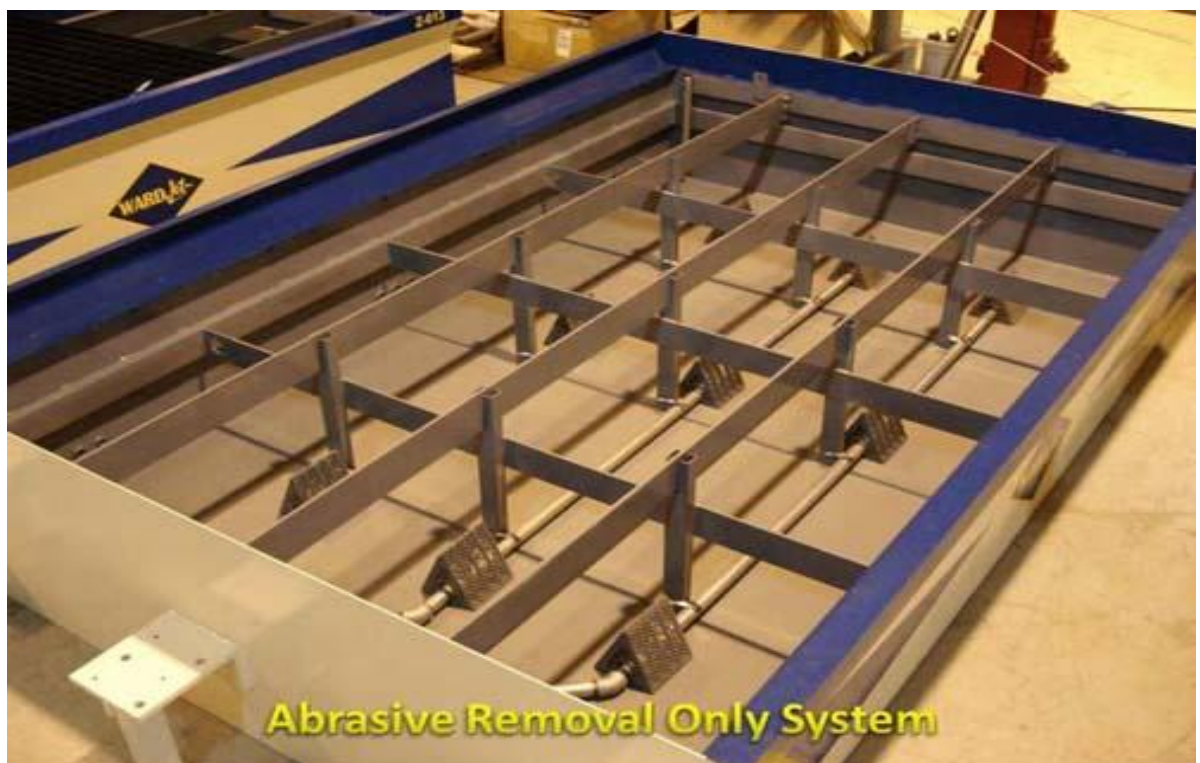
sillä niin sanottuja aloitusreikiä ei tarvita lainkaan tai ne ovat hyvin lyhyitä, minkä seurauksena kappale ei pääse kuumenemaan läpiporauksen aikana.

Käytettäessä leikkauksessa puhdasta vettä leikkaavan suihkun halkaisija on pienimmillään 0,05 mm – abrasiivihiekkaa käytettäessä veden lisäksi suihkun halkaisija on 0,9 mm. /8/

## 2 ESISUUNNITTELU

Opinnäytetyötä lähdettiin suunnittelemaan yrityksen kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Esisuunnittelussa käytiin lävitse aiheeseen jo tutustuneiden yritysten ratkaisuehdotuksia, (joita ei ollut monta) ja heidän ehdotuksiaan siitä, miten abrasiiviliete olisi mahdollisesti poistettavissa. Yritysten Internet-sivustoilta löytyi muutamia videopätkiä ja kuvia kehitellyistä ratkaisuista, ja youtube-nimisiltä sivustoilta löytyi muutamia videoita, kuinka yritykset olivat lähteneet ratkaisemaan ongelmaa. Pääsääntöisesti yritykset, jotka olivat asiaan perehtyneet jollain tavalla, sijaitsivat Yhdysvalloissa.

Suurin osa löydetyistä ideoista ei varsinaisesti ollut avuksi omassa ideoinnissa, sillä kehitellyt ideat eivät olleet sellaisia, joita olisi kannattanut jatkojalostaa, mutta kuitenkin löytyi yksi kehitelty prototyyppi, joka on melko lähellä omaa ongelmatilannettani. Prototyypin oli kehitellyt yhdysvaltalainen yritys Wardjet.



**Kuva 3. Wardjetin kehittelemä prototyyppi.**

Abrasiiviliete imetään kolmionmuotoisten kappaleiden kohdilta ja itse kolmiot suojaavat imukohtia tukkeutumisilta, sekä estävät putoavien kappaleiden pääsyn järjestelmää pitkin pumpuille. Jos näin ei olisi, pienet terävät kappaleet voisivat rikkoa imussa käytettävät pumput. /9/

Esisuunnittelussa edellä mainittua esimerkkiä jatkojalostettiin siten, että altaaseen lisättiin kuvassa olevien imuputkien lisäksi tulopuolenputkistot. Tuloputkistot sijoitettiin altaaseen siten, että putket kulkevat imukohtien välistä ristikkäiseen suuntaan. Tuloputkistoista altaaseen painetaan kovalla paineella paluuvesi, mikä pitää abrasiivilietteen liikkeessä ja estää abrasiivilietteen pakkaantumisen pohjalle.

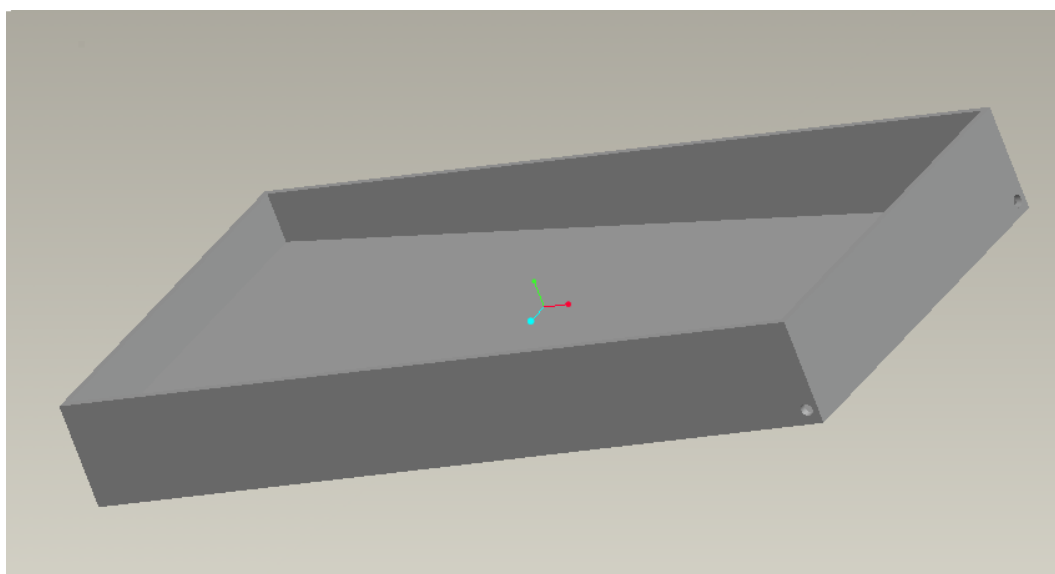
Esisuunnittelussa käytiin läpi myös eri olemassa olevia vaihtoehtoja, kuten jätepuhdistamoilla käytettävä jäteveden kierrätysmenetelmä, uimahalleissa uimaveden uudelleen kierrätysmenetelmä, sekä lattialämmityksessä käytettävien lämpövesiputkien asennusmenetelmä. Ideoita haettiin myös opettajan ehdotuksesta käyttää samanlaista järjestelmää mitä rikastuottamot käyttävät, mutta heidän käyttämänsä pyörivää sekoitinta ei voitu käyttää, sillä lyhyen ajan sisällä abrasiiviliete olisi vahingoittanut sekoittimen rataksia, jolloin sekoitin ei olisi enää pyörinyt.

### 3 SUUNNITTELU

Esisuunnittelun jälkeen ideoinnit suunniteltiin ja piirrettiin koululta löytyvällä Pro E-nimisellä suunnitteluohjelmistolla, sekä paint-ohjelmistolla näkyvään muotoon, jolloin nähtiin konkreettisesti miltä ideat oikeasti tulisivat näyttämään. Seuraavaksi esitellään kehitellyt suunnitelmat ja niiden toimintaperiaatteet.

#### 3.1 Mäkiallas

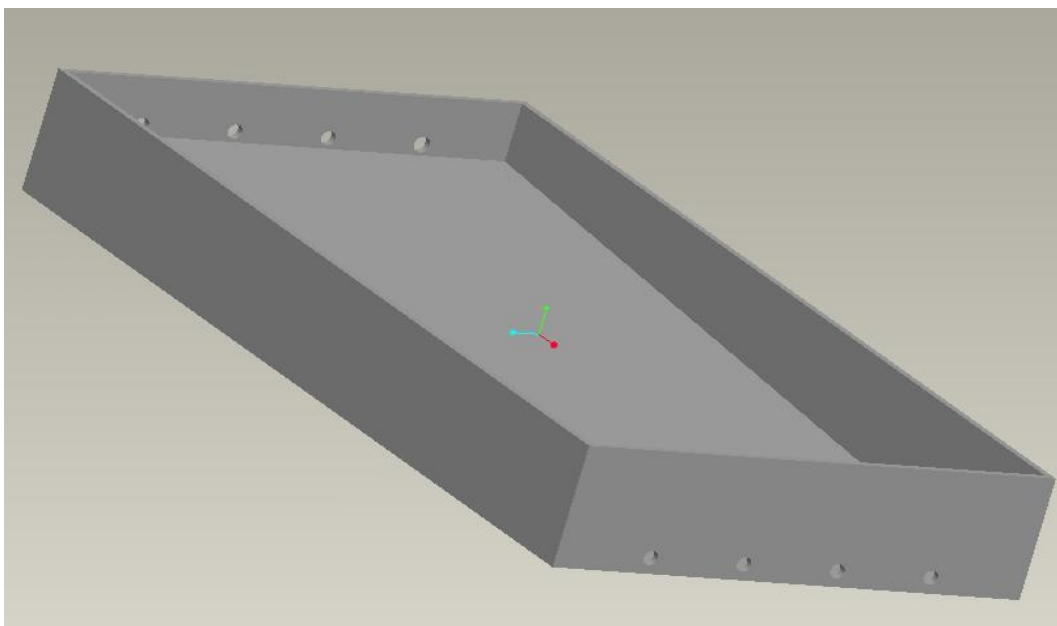
Altaaseen suunniteltiin teräslevy paksuudeltaan 20mm, joka asennettaisiin altaan pohjalle 45 asteen kulmassa pohjaan nähden ja joka muodostaisi tällöin eräänlaisen mäen, jota pitkin leikkauksessa vapautuva abrasiiviliete pääsisi valumaan imupisteeseen. Altaaseen suunniteltiin myös tulopuoli, josta painetaan altaaseen kovalla paineella vesisuihku, mikä estäisi abrasiivin kertymisen mäen alaosaan. (Kuva 4)



**Kuva 4. Mäkiallas**

Tämä idea kuitenkin hylättiin, koska koettiin ettei abrasiiviliete valu vapaasti mäkeä pitkin alas. Jotta liete saataisiin virtaamaan pitäisi altaan pohjalla olevan levyn kulmaa kasvattaa ja tämä ei käy, koska vesileikkauksessa käytettävä vesisuihkun leikkaava vaikutus on vielä tehokas 500mm asti vedenpinnan alapuolella, jolloin käytössä oleva teräslevy olisi leikkaantunut puhki.

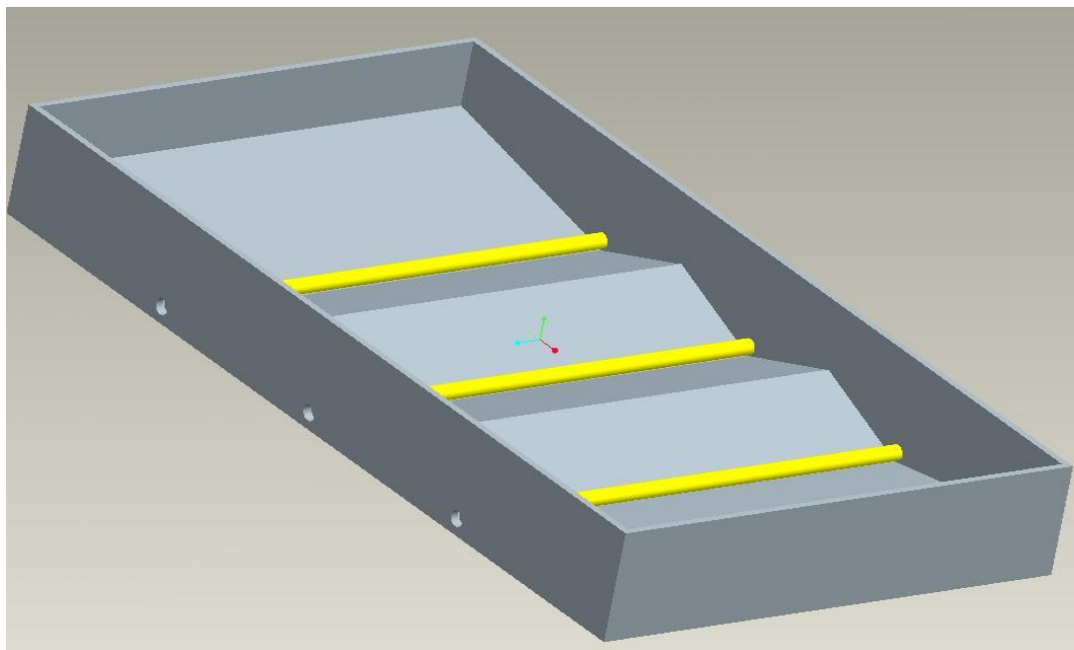
Ideaa jatkojalostettiin siten, että mäen yläosaan lisättiin neljä tulopuolen kohtaa, joka lisää altaan pohjalla tapahtuvaa virtausta, mikä myös mahdollistaisi abrasiivilietteen valumisen imupisteille varmemmin. Imupisteiden määrä kasvatettiin neljään kappaleeseen, jolloin voitiin poistaa sivulta tulopuolen kohta, koska imuputkien lisääminen teki tämän tarpeettomaksi. (Kuva 5)



**Kuva 5. Jatkojalostettu mäkiallas**

### **3.2 Kolmioharjanne**

Altaan pohjalle suunniteltiin teräslevystä valmistetut kolmionmuotoiset kappaleet, jotka mallinnettiin lyhyen sivun suuntaisesti. Kolmiot sijoitettiin altaan keskiosaan mahdollisimman lähekkäin toisiaan ja kolmioiden väliin sijoitettiin imuputkistot. Toimintaperiaatteeltaan ratkaisu oli samankaltainen kuin mäkialtaassa. Abrasiiviliete valuu altaan päistä kohti altaan pohjaa sekä kolmioiden sivua pitkin alas, jossa sijaitsevat imuputket, joita pitkin abrasiiviliete imetään altaasta pumpujen avulla. (Kuva 6)



**Kuva 6. Harjanneallas**

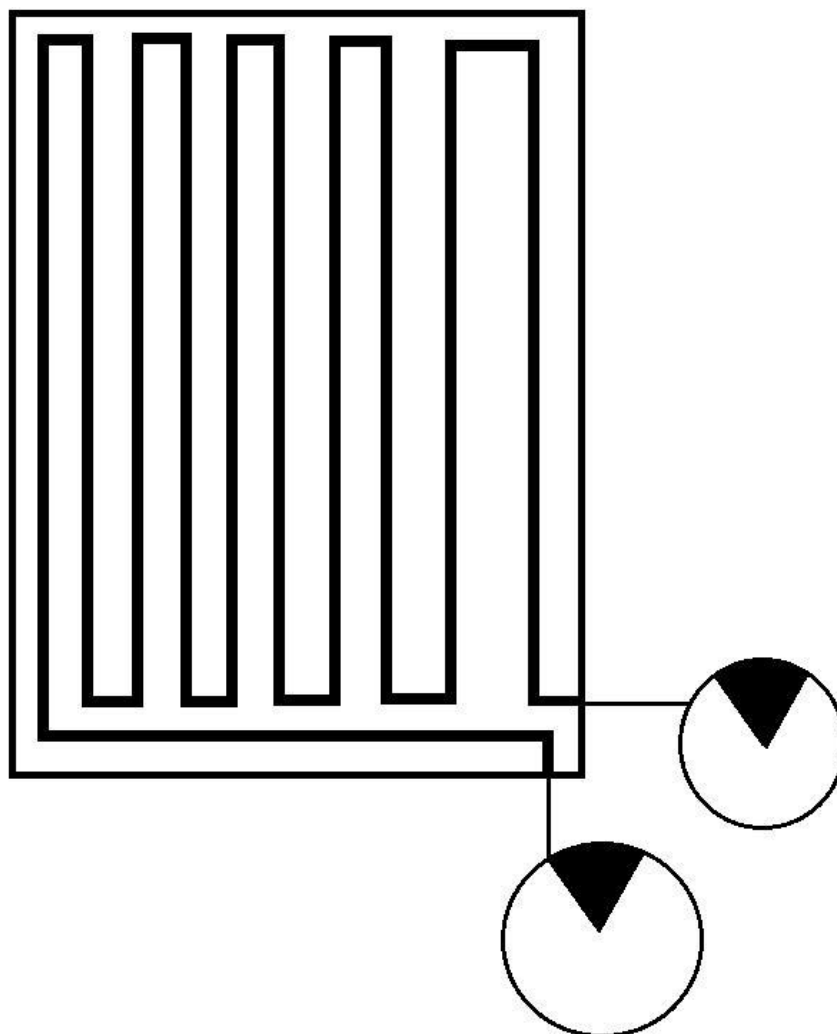
Suunnitelma hylättiin, koska kolmioiden sivujen kulma ei ollut tarpeeksi suuri, jotta abrasiivi olisi valunut niitä pitkin vapaasti ilman virtauksia. Kulmaa suurentamalla kolmioiden korkeus olisi kasvanut, joka olisi tarkoittanut sitä, että ajan kuluessa vesisuihku olisi syönyt harjanteet puhki. Muotonsa takia altaaseen ei suunniteltu lainkaan tulopuolen putkistoja, jotka olisivat lisänneet virtauksia altaan pohjassa, sekä varmistaneet abrasiivin valumisen.

### **3.3 Lattialämmitys**

Suunnittelussa ja ideoinnissa käytettiin jo olemassa olevaa tekniikkaa, jota käytetään lattialämmityksessä, jossa lämpövesiputket sijoitetaan lähekkäin toisiaan. Tekniikkaa lähdettiin muuttamaan siten, että lämpövesiputkien sijaan imuputket sijoitetaan lähekkäin toisiaan, jolloin imualue kasvaa, eikä altaaseen jää tällöin katvealueita, josta abrasiivilietettä ei pystyttäisi imemään altaasta. Tämä ratkaisu lisää lietteen tehokkaan imemisen altaasta.

Suunnittelussa otettiin huomioon putkistojen lähekkäin asennuksesta johtuva imualueen pinta-alan kasvaminen, jonka aiheutti imureikien lukumäärä, sekä putkistojen yhteispituuden suuruus.

Imettävän pinta-alan kasvamisesta johtuen, joudutaan pumppujen määrää lisäämään kahteen kappaleeseen alkuperäissuunnitelmassa olleen yhden pumpun sijaan, jotta imu olisi tehokasta koko alueella. (Kuva 7)



**Kuva 7. Lattialämmitys**

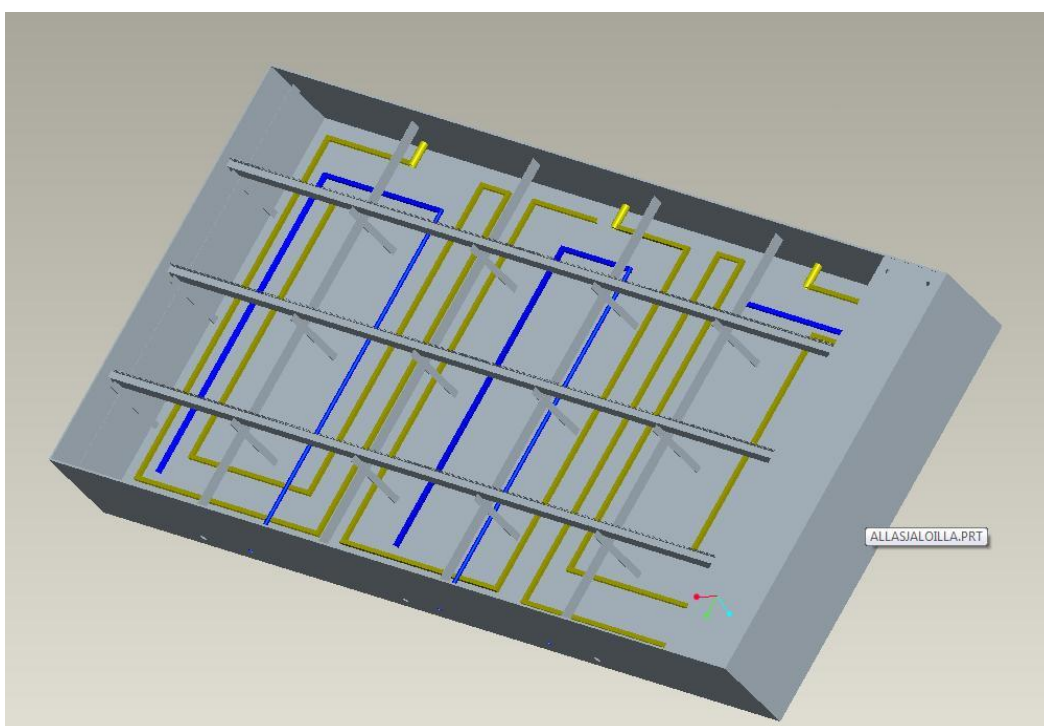
Suunnitelmaa esiteltäessä yrityksen yhteyshenkilölle Jarmo Arttijeffille todettiin, että suunnitelmaa muokattaisiin siten, että allas jaetaan kolmeen eri sektoriin, joihin kaikkiin vedetään omat imuputkistot aikaisemman suunnitelman mukaisesti.

Nämä sektorit jaettiin tasaisesti yhtä isoihin aloihin lyhyen sivun suuntaisesti poiketen alkuperäissuunnitelmasta, jossa imuputkistot olivat pitkän sivun suuntaisesti.



Lisäksi pumppujen määrä kasvoi kolmeen kappaleeseen, jolloin yksittäisen pumppun imutehon tarve ei kasva liian suureksi. Ratkaisulla haettiin myös kustannusta alentavaa vaikutusta, koska tehotarpeen kasvaessa kustannukset kasvoivat samassa suhteessa.

Lisäksi alkuperäissuunnitelmasta poiketen altaaseen lisättiin tulopuolen putkistot paluuedelle. Putkistoista syötetään altaaseen kovalla vesipaineella vesisuihku, joka työntää mukanaan abrasiivilietettä imuputkistoille, sekä myös estää abrasiivin kertymisen altaan pohjalle, koska vesisuihku pitää lietteen koko ajan liikkeellä virtausten ja syntyvien turbulenttien pyörteiden avulla. Nämä syntyvät, kun virtaukset kohtaavat altaassa olevia rakenteita, kuten altaan laitamia, pohjaa taikka altaan kehikon tukijalkoja. Kuva (8)



**Kuva 8. Lattialämmitys**

Tulopuolen paluuvesi otetaan abrasiivisäiliöstä, johon altaasta imetty abrasiivihiekka ja vesi pumpataan. Säiliössä abrasiivihiekka painuu säiliön pohjalle, jolloin vesi nousee hiekan päälle. Tämä vesi otetaan talteen niin kutsutulla ylijooksut

menetelmällä, jossa säiliöstä ylijoukseva vesi palautetaan takaisin altaaseen, jolloin altaassa veden pinta pysyy korkealla.

Nykyisestä mallista poiketen paluuvessilinjan ja altaan välille liitetään pumppu, tässä tapauksessa esimerkiksi keskipakopumppu, jotta saadaan kehitettyä korkea vesipaine tulopuolen putkistoihin, joka pitää lietteen liikkeessä.

### **3.4 Nykyinen malli**

Yrityksellä on jo nykyisin vesileikkausaltaassa käytössä imuputkistot, joita on kolme kappaletta. Käytössä näistä imuputkista on vain yksi kappale, koska käytettävä kalvopumpun teho ei riitä imemään kaikista kolmesta imukanavasta.

Putket ovat 1.5 metriä pitkiä ja ne ylettyvät altaan puoleen väliin. Imu tapahtuu ainoastaan putken päistä noin metrin säteellä. Putken päissä on verkkolevystä tehty tötterö, jonka tarkoituksena on levittää imualuetta suuremmaksi ja estää leikkauksen aikana tippuvien pienkappaleiden pääsy imukanavaan, etteivät ne tukkisi imua. Kanavaa pitkin päässeet kappaleet voivat rikkoa käytössä olevan pumpun.

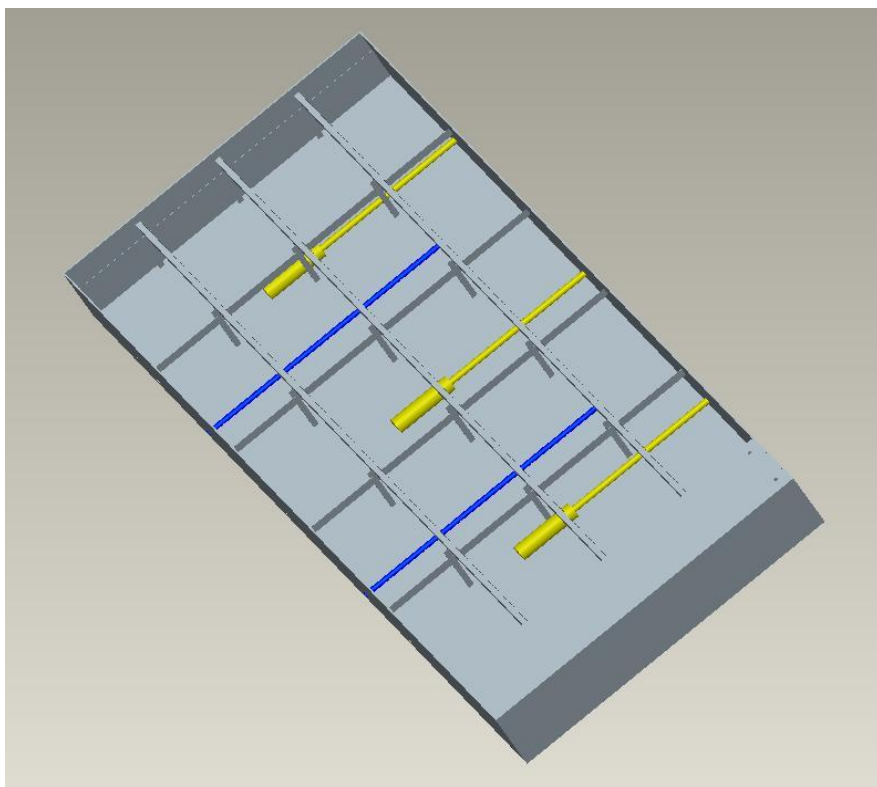
Yritys toivoi, että nykyistä käytössä olevaa järjestelmää muokattaisiin siten, että muokkaus tapahtuisi mahdollisimman pienin kustannuksin. Suunnittelussa allas mallinnettiin niin, että käytössä olevat imuputkistot jätettiin omille paikoilleen, mutta nykyisestä poiketen altaaseen lisättiin kaksi kappaletta tulopuolen putkia. Nämä putket ovat pituudeltaan 2.5 metriä ja ne sijoitettiin vastakkaiselle puolelle imuputkistoihin nähden.

Putkiin suunniteltiin reiät, joiden tarkoituksena on tuottaa altaaseen virtauksia, sekä kuljettaa lietettä kohti imukohtia. Reikien paikat määriteltiin niin, että 75 % reikien kokonaismäärästä sijaitsee putken sivuilla ja loput 45 asteen kulmassa näihin nähden. Tällä ratkaisulla haettiin sitä, että abrasiivihiekka saataisiin täten hieman leijumaan ja antamaan imulle hieman aikaa, että kaikki hiekka saataisiin imettyä pois altaasta.

Lisäksi reikien ollessa hieman viistossa kulmassa eikä suoraan ylöspäin vältetään altaan vedenpinnalla tapahtuva kuohunta. Liiallisesta kuohunnasta aiheutuu leikkauksessa mittavirheitä, eikä mittatoleransseihin enää päästä.

Imu toteutetaan järjestelmässä nykyisen yhden pumpun sijaan kolmella pumpulla. Nykyisin altaaseen virtaa paluuvesi abrasiivisäiliöstä pelkästään ylijouksutusperiaatteella eli altaaseen palaa vesi vapaasti samaan tahtiin kuin mitä altaasta imetään pois.

Suunnitelmassa paluuvesi tuodaan altaaseen tulopuolen putkia pitkin. Säiliön ja altaan välille tuodaan keskipakopumppu, joka tuottaa tarvittavan vedenpaineen, jolla abrasiivihiekka pidetään altaassa liikkeellä. /1/ , /7/

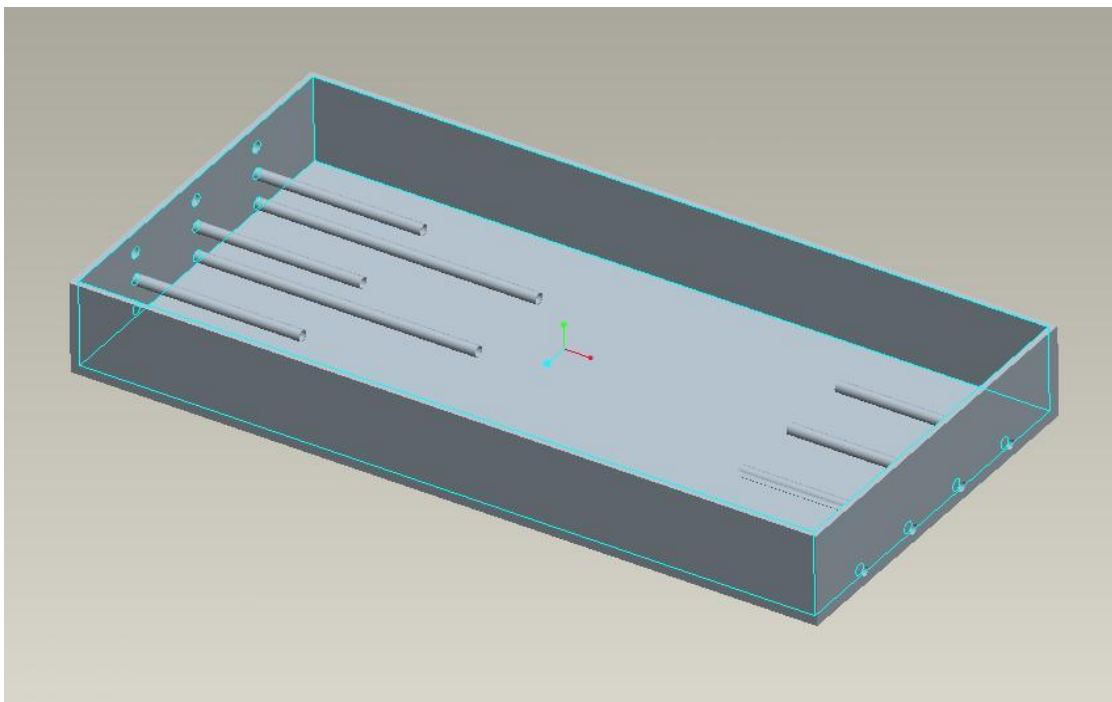


**Kuva 9. Nykyisestä mallista, lisättynä tulopuolen putkilla**

### 3.5 Hylätyt ideat

Suoraan hylättyihin ideoihin lukeutuivat sellaiset ideat, joissa putkistot olisi sijoitettu liian lähelle veden pintaa.

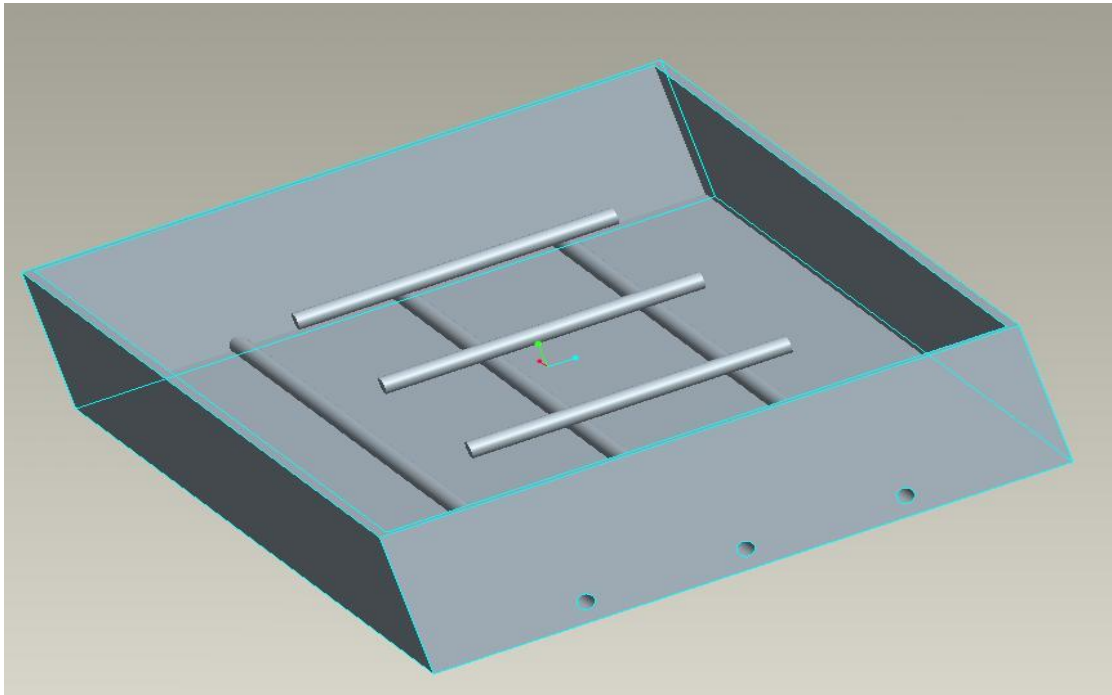
Ensimmäisessä ideassa tulopuolen putkistot sijoitettiin niin, että ne muodostivat kuvainnollisesti portaat, joiden tarkoituksena oli toimia niin sanottuna putouksena, jota pitkin leikkauksessa vapautuva abrasiiviliete työnnetään vesivirtausten avulla putkistolinja kerrallaan kohti imuputkistoja. (Kuva 10)



**Kuva 10. Urkupilli**

Toisessa ideassa altaan pohjalle sijoitettiin tulopuolen putkistot, joita pitkin paluu vesi työnnetään takaisin altaaseen samalla pöllyttäen altaan pohjalle kertyneen lietteen takaisin ylöspäin, jossa imuputkistot sijaitsevat.

Imuputkistot oli tarkoitus asentaa lähelle veden pintaa, koska ajateltiin sellaista ratkaisua, jossa leikkauksessa vapautuva abrasiivihiekka imettäisiin heti, kun se vapautuu veteen, jolloin liete ei pääse levittäytymään laajalle alueelle ja siten kertymään suurina määrinä altaan pohjalle. (Kuva 11)



**Kuva 11. Vedenpinta-asennus**

Ideat kuitenkin hylättiin siitä syystä, koska aiemmin mainittu, vesisuihkun leikkaava vaikutus olisi leikannut kyseiset putkistot puhki, jolloin ne olisivat olleet hyödyttömät, eikä niiden uudelleen vaihtaminen ole järkevää eikä myöskään kannattavaa.

## 4 PUMPUT

Seuraavassa esitellään eri pumppuvaihtoehtoja ja niiden ominaisuuksia ja toimintatapoja, joiden mukaan voidaan valita tarvittava pumppumalli täyttämään tarvittavat tarpeet, jotka kyseinen järjestelmä vaatii.

Kyseiseltä pumpulta vaaditaan, että se on soveltuvainen kovaan käyttöön, kuten kemian-, elintarvike-, maali-, keramiikka- ja kaivosteollisuuden tarpeisiin, joten se olisi myös soveltuva abrasiivilietteen imemiseen. Tällaisten alojen tarpeisiin sopivia pumppua voisivat olla seuraavat pumput.

### 4.1 Paineilmakäyttöinen kalvopumppu

Kalvopumput soveltuvat erinomaisesti nesteiden, happojen sekä erilaisten prosessien raaka-aineiden siirtoon. Toimintatavaltaan paineilmakäyttöiset kalvopumput ovat oskilloivia syrjäytyspumppuja, joissa on kaksi vastakkaista pumppukammiota, joita erottavat kalvot vesi- ja ilma-alueilla. Molemmat kalvot on yhdistetty männänvarrella, niin että iskun aikana yhdestä pumppukammioista työnnetään pumpattavaa nestettä ulos ja toiseen pumppukammioon imetään pumpattavaa nestettä.

Ominaisuuksiltaan kalvopumput ovat itseimeviä ja ne ovat helposti säädettävissä, jolloin voidaan muuttaa pumppujen kuluttamaa paineilman määrää tarpeen mukaiseksi, jolla varmistetaan pumppujen pitkäikäinen kesto. Lisäksi haluttua tuottoa säätämällä suoraan pumpusta päästään entistäkin energiaystävällisempiin ratkaisuihin.

Kalvopumppuja on saatavilla metalli- ja muovirunkoisina, ja seuraavassa esitellään tarkemmin teknisiä tietoja metallirunkoisesta kalvopumpusta.

Pumput on varustettu joko kumikalvoilla, jolloin tuotto on välillä 18.9 – 909 l/min, tai teflon-kalvoilla, jolloin tuotto hieman pienenee, tuoton ollessa välillä 18.9 – 704 l/min. Tällä tuotolla tarkoitetaan sitä, miten paljon pumppu pystyy imemään nestettä per minuutti. Pumpun maksimi-ilmapaine, jonka se pystyy tuottamaan, on 8.6bar, mutta normaalisti käytettävä käyttöpaine on noin 3bar, millä pyritään pumpun pidempään käyttöikänsä. /5/ , /4/

## 4.2 Letkupumppu

Letkupumppuja käytetään erityisesti hiovien, syövyttävien ja viskoottisten nesteiden siirtoon sekä jätevesien pumppaamiseen.

Toimintatavaltaan letkupumput ovat itseimeviä. Letkupumppua kutsutaan myös nimellä peristalttinen pumppu, jossa pumppu siirtää nestettä puristamalla mekaanisesti joustavaa tilaa. Tämä mekaaninen liike aikaansaadaan letkua koskettavalla rullalla. Itse letku sisältää pumpattavan nesteen, tässä tapauksessa veden. Rullien lukumäärä vaihtelee, mutta normaalisti niiden määrä on kahdesta kolmeen kappaaleeseen.

Tuottomääriltään letkupumput ovat väliltä 0.3 – 420 l/min koosta riippuen. Käyttöpaine pumpuilla on välillä 2 - 15bar. Ominaisuuksiltaan letkupumppu on hyvä ratkaisu pumpattaessa tahmeita tai kiintoaineita sisältäviä nesteitä, kuten opinnäytetyössä ongelmana oleva abrasiivihiekka. /5/ , /6

## 4.3 Hammasrataspumppu

Hammasrataspumppuja käytetään silloin, kuin pumpattavan nesteen viskositeetti on suuri.

Toimintatavaltaan hammasrataspumput ovat itseimeviä. Hammasrataspumpussa on kaksi kappaletta yhdessä pyöriviä hammaspyöriä. Toinen pyöristä pyörii sähkömoottorin avulla ja toinen ensimmäisen pyörän pyörittämänä. Hampaat kuljettavat pumpattavaa nestettä pumpun yläosaan. Nesteen kulkeutuessa pumpun yläosaan alaosaan syntyy alipaine. Alipaineen vaikutuksesta pumppuun kulkeutuu koko ajan uutta nestettä. Tuottomääriltään hammasrataspumput pääsevät maksimissaan 760 l/min. Maksimi käyttöpaine pumpulle on 13.8bar. /2/ , /4/ , /5/

#### 4.4 Keskipakopumppu

Keskipakopumput soveltuvat suurimpaan osaan prosessiteollisuutta. Pumppua käytetään normaalisti pumpattaessa nesteitä, joiden viskositeetti on alhainen, kuten vesi, mutta niitä voidaan käyttää myös aloilla, joissa pitää siirtää suuren kiintoainepitoisuuden omaavia nesteitä, esimerkiksi sementtilietettä. Pumppu siis soveltuu myös abrasiivilietteen imemiseen.

Keskipakopumput toimivat siten, että pumpun keskellä sijaitsee juoksupyörä. Juoksupyörän pyörivän liikkeen ansiosta pumpattava neste sinkoutuu ulospäin. Pumpun korkeasta pyörimisnopeudesta johtuen neste saavuttaa suuren kineettisen energian. Paine-erot imupuolen ja painepuolen välillä kasvavat, minkä seurauksena osa nesteen sisältävästä kineettisestä energiasta muuttuu paine-energiaksi. Tätä paine-energiaa olisi tarkoitus käyttää paluuveden linjastoissa, jotta abrasiivi saadaan pidettyä liikkeessä.

Keskipakopumppujen tuottomäärät ovat välillä 5 – 1500 l/min koosta riippuen. Maksimi käyttöpaine pumpulle on 6.9bar. /4/ , /5/



## 5 VALITTU RATKAISU

Valittu ratkaisu, jota yritykselle ehdotetaan, on lämpövesi-idea. Ideaa on muokattu yritykseltä saatujen tietojen mukaisesti, joita saatiin yrityksen tiloissa käydyistä suullisista tapaamisista. Tiedot abrasiivin imemisestä ja tarvittavista virtauksista perustuvat yrityksen työntekijöiden pitkäaikaisiin näkemyksiin ja kokemuksiin.

Virtausnopeuksien ja muiden tarvittavien laskelmien tekeminen jäi opinnäytetyötä tekeväälle. Laskelmia pyrittiin tekemään käyttämällä koulussa opittuja tietoja, sekä koulun fysiikan opettajan ammattitaitoa. Kuitenkaan suoranaisiin ratkaisuihin, miten virtaukset työssä tulisi laskea, taikka lopullisiin vastauksiin ei päästy. Altaassa tapahtuviin virtauksiin vaikuttavat monet asiat, jotka tekevät laskemisen vaikeaksi ellei jopa mahdottomaksi. Esimerkiksi hiekan tiheys ja sen käyttäytyminen, sekä imu- ja tuloputkistojen rei'ittäminen vaikuttavat laskemiseen ja saatuihin tuloksiin, jolloin ne eivät ole luotettavat.

Imuputkistot sijoitettiin samoille paikoille, joissa aikaisemmat imuputkistot olivat yrityksellä olleet. Tällä pyrittiin siihen, ettei altaaseen tarvittaisi tehdä suuria muutoksia. Putkistot asennetaan altaaseen niin, että ne muodostavat altaan päältä päin katsottuna U-muotoisen muodon. Putket ovat sisähalkaisijaltaan 53mm leveät, kuten olemassa olevassa ratkaisussa on käytössä. Putket on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, koska ne ovat tekemisissä veden kanssa ja niiden täytyy kestää korroosiota.

U-muotoisia muodostelmia altaaseen tulee kolme kappaletta, koska kuten lämpövesi-ideaa esitellessäni kerroin, allas jaetaan kolmeen eri sektoriin, joihin nämä muodostelmat sijoitetaan. Uloimmat sektorit ovat samankokoiset eli putkien kokonaistarve näihin on yhteensä noin 14 metriä, kun taas altaan keskimmainen sektori on hieman suurempi koska altaassa olevat kehikon tukijalat sijoittuivat juuri putkistolinjojen tielle, jolloin U-muotoa jouduttiin hieman leventämään. Keskimmaisen sektorin putkistotarve kasvoi tällöin 7.3 metriin.

Imuputkistoihin suunniteltiin halkaisijaltaan 5 mm:n kokoiset imureiät. Reiät sijoitettiin putkistojen ympäri siten, että ne ovat ristissä toisiinsa nähden neljästä eri kohdasta 50mm välein toisistaan. Tällä pyritään lietteen tehokkaaseen poistamiseen altaasta, eikä synny katvealueita, mistä lietettä ei pystyttäisi imemään.

Paluuvedelle suunnitellut tuloputkistot sijoitettiin U-muotoisten imuputkistojen väliin, millä pyrittiin sellaiseen ratkaisuun, jossa tulopuolen putkista altaaseen takaisin palautuva vesi työntää mukanaan abrasiivihiekkaa kohti imuputkistojen reikiä, sekä pitää hiekan leijunta-tilassa, jolloin imuputkistot ehtivät imeä lietteen paremmin ulos altaasta.

Tulopuolen putkistot suunniteltiin halkaisijaltaan hieman pienemmiksi kuin imuputkistot, koska tällä pyritään pitämään järjestelmässä vallitseva paine mahdollisimman korkeana koko putkiston pituudelta sekä saamaan vesisuihkun työntävän vaikutuksen suuremmalle säteelle.

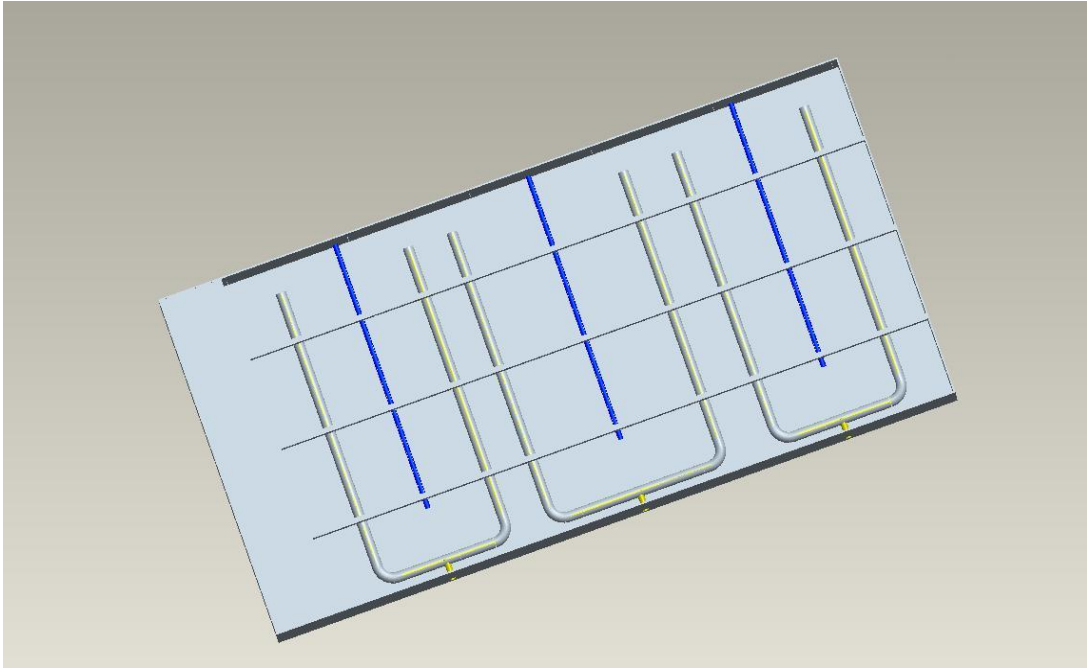
Tuloputkiin suunniteltiin 5mm halkaisijaltaan olevat reiät. Reiät sijoitettiin putkistoihin siten, että ne ovat putken päältä katsottuna putken sivuilla 50mm välein. Näistä sivuilla olevista rei`istä katsottuna 100mm välein ovat 45 asteen kulmassa olevat reiät putken molemmin puolin. Ne lävistävät koko putken, kuten reiät sivuillakin.

Varsinaisesti suoraan ylöspäin olevia reikiä pyrittiin välttämään, koska ylöspäin tapahtuvat virtaukset saattavat aiheuttaa kuohuntaa vedenpinnalla, jossa leikkaus tapahtuu. Tämä kuohunta pyritään pitämään mahdollisimman pienenä, koska kuohunta aiheuttaa leikkaus- ja toleranssivirheitä.

Alkuperäissuunnitelmassa mietittiin erinäköistä kuohuntasuojalevyä, joka estäisi ylöspäin virtaavien virtausten pääsyn pinnalle, ja keräisi samalla leikkauksesta tippuvat kappaleet, josta ne olisi helppo kerätä talteen.

Kuitenkaan suojalevy-idea ei ryhdytty sen suuremmin jatkojalostamaan, koska suurempaa kuohuntavaaraa ei synny putkistojen ollessa altaan pohjalla, ja koska suunniteltujen reikien kokonaismäärästä suurin osa suuntaa sivuille päin, jolloin virtaukset ovat pääsääntöisesti lineaarisia.

Kokonaismäärältään tulopuolen putkistoihin kuluu 7.5 metriä ruostumatonta teräsputkea.



**Kuva 12. Valitusta ratkaisusta.**

Kuvassa siniset putket ovat paluuvedelle tarkoitetut tulopuolen vesilinjat, ja kellertävät U-putket ovat imuputkistoja. Kellertäviä putkia kiertää harmaa putkistolinja, joka kuvaa imuputkistojen ympärille asennettavaa verkkolevykehikkoa. Verkkolevykehikko estää kappaleiden pääsyn imuputkistoihin ja sitä kautta pumpuille. Verkkolevykehikko estää myös imureikien tukkeutumisen ja varmistaa jatkuvan imun altaassa.

## 6 PUMPUN VALINTA

### 6.1 Imupumppu

Pumpun valintaa pohdittiin monelta eri taholta. Kohteeseen käyviä pumppumalleja oli useita, mutta valintaan vaikuttivat pumppujen ominaisuudet sekä tekninen suorituskyky. Soveltuvuudeltaan ja yrityksen näkemysten mukaisesti, valittiin Wilden PX8- mallin kalvopumppu, joka on päivitetty malli yrityksen nykyisin käyttämästä Wilden PV8-mallista. Pumppuun valittiin Ultra-flex-fitted-nimiset kalvot, joidenka materiaalina on käytetty neopreeni-nimistä ainetta. Materiaalin on todettu kestävän abrasiivin kuluttavaa vaikutusta.

Pumpun ominaisuudet olivat parhaat haluttuun kohteeseen, ja yrityksen aikaisemmat kokemukset kalvopumpusta olivat myönteiset. Pumpun teknisten tietojen mukaisesti sen tuottomäärät täyttivät kohteen tarpeet.

Yritys on tulevaisuudessa muuttamassa kokonaan vanhojen putkistojen paikkaa. Vanhat ja tarpeettomat putket poistetaan vesileikkausaltaan ja abrasiivisäiliön väliltä. Uuden putkistolinjojen asennuksen tuomia tarkkoja mittoja ei siis vielä tiedetä.

Pumpun tarkka tuottomäärä, joka altaasta pystytään imemään, määräytyy uusien putkistolinjojen tuottamasta vastapaineesta. Vastapaineeseen vaikuttavat putkilinjaston kaikki kulmat, kaarteet, nostokorkeus ja kokonaispituus.

Arvioitu vastapaine, joka tulevassa järjestelmässä vallitsee, on yrityksen mukaan 1bar-luokkaa, jolloin voidaan taulukosta katsoa tuottomäärä pumpun toimiessa normaalilla käyttöpaineella 3bar. Normaali käyttöpaine 3bar on maahantuojan suositus, jolloin pumpun käyttöikä pysyy korkeana.

Valittuun ratkaisuun valittiin 3 kappaletta Wilden Px8-kalvopumppuja, jolloin kokonaistuottomääräksi saatiin noin 900 l/min, yhden pumpun imiessä 300 l/min.

/4/ , /3/

**Taulukko 1. Wilden PX8-kalvopumpun tuottomääristä eri vastapaineilla käyttöpaineen ollessa 3Bar. Katso liite (2) tuottomääristä vastapaineen kas-  
vaessa.**

Tuottomäärät kalvopumpulle ULTRA FLEX FITTED- kalvoilla

Vastapaine (Bar)	Käyttöpaine (Bar)	Tuottomäärä (l/min)
0	3	379
1	3	300
2	3	175

## 6.2 Paluuvesipumppu

Paluuvesi palautetaan valitussa ratkaisussa altaaseen pumpun avustuksella. Pumpuksi valittiin keskipakopumppu, koska se oli yrityksen toive, ja koska se on ominaisuuksiltaan käytännöllinen vastaamaan kohteen tarpeita. /1/

Valintaan vaikutti myös, että se oli ainut tarkastelluista pumpuista, joka pystyy tuottamaan tarvittavan paineen järjestelmään, jolla abrasiivi pystytään altaassa liikuttelemaan, sekä tuomaan altaaseen saman verran vettä, kuin sieltä imetään pois kalvopumpuilla.

## 6.3 Toimintatapa

Pumppujen valinnoilla pyrittiin siihen tilanteeseen, jossa kalvopumppujen imemä neste korvataan samassa suhteessa keskipakopumpun tuomalla nesteellä, jolloin altaassa pysyy tasapaino nesteen suhteen. Jäljelle jäävä vesi, joka vapautuu leikkauksen yhteydessä suuttimista (7.2 l/min), valuu altaan pinnalla olevan poistoputken kautta ylijouksutuksena suoraan viemäriin, jolloin allas ei pääse täyttymään liikaa.

## 7 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarviota tehtäessä tarkkaa kokonaiskustannusta ei saatu selville, sillä suunnitelman asennuskustannuksia ei voida tarkkaan määrittää. Seuraavassa nykyisin työnseisokista kertyvät kulut. (Taulukko 2) /7/

**Taulukko 2. Työnseisauksesta syntyvät kulut**

	Hinta(€/h)	Hinta(päivä)
Miestunti	50	400
Konetyö	200	1600
Pumppuauto	150	1200
Kokonaiskulut	400	3200

Työn seisahtumisesta yritykselle kertyy kuluja 3200 euron edestä. Vuodessa pumppuauton käydessä tasaisin väliajoin yritykselle kertyy kokonaisuudessaan vajaa 40000 euron kustannukset.

Nyt suunnitellun poistojärjestelmän käytäntöönpanosta kertyviä kuluja. (Taulukko 3)

**Taulukko 3. Kustannusarvio suunnitelman käytäntöönpanosta**

	hinta €/kpl	määrä (kpl)	Hinta(€/h)	Hinta(päivä)
Kalvopumppu PX8	1695	2	-	-
Suodinsäädin + painemittari	59	2	-	-
Keskipakopumppu	3000	1	-	-
Asennukset	-	-		
Putket + reikien teko				
Toimitukset				
Miestunti	-	-	40	400
Konetyö	-	-	200	1600
Kokonaiskulut				

Vaikkei kokonaiskustannusta voida tarkkaan sanoa, niin nähdään, että valittu ratkaisu maksaa itsensä takaisin alle vuodessa.

## LÄHTEET

- /1/ Arttijeff, Jarmo, Konsultti [Viitattu 10.3.2010]. Promote Oy, Kemi. Haastattelu
- /2/ Flowtech-esite.[Online].[Viitattu 24.4.2010] Saatavilla www-muodossa:  
<<http://www.flowtech.fi/esitteet/GR%20pieni%20hammasrataspumppu.pdf>>
- /3/ Iwaki-esite [Online]. Kerava. [Viitattu 24.4.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
<[http://www.iwaki.fi/media/files/PUMPS/29/Brochure/fi/YAMADA\\_BR\\_O\\_FI.pdf](http://www.iwaki.fi/media/files/PUMPS/29/Brochure/fi/YAMADA_BR_O_FI.pdf)>
- /4/ Kiertopaine Oy tuote-esittely. [Online]. Vantaa. [Viitattu 24.4.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
<<http://www.kiertopaine.fi/index.php?source=adwords&group=paineilma>>
- /5/ Luukkanen, Petteri 2001. [Online] Pumpunvalitsimet integroidussa simuloituympäristössä. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. [Viitattu 23.4.2010] Saatavilla www-muodossa:  
<<http://www.simserv.com/gallery/documentation/petterinDiplomityo.pdf>>
- /6/ Prominent-esite. [Online]. Saksa. [Viitattu 23.3.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
<[http://www.prominent.fi/Portaldata/1/Resources/\\_transfer/2009/20091104\\_7503\\_PT\\_PM\\_003\\_09\\_09\\_FI.pdf](http://www.prominent.fi/Portaldata/1/Resources/_transfer/2009/20091104_7503_PT_PM_003_09_09_FI.pdf)>
- /7/ Ruuska, Ari, Teknikko [16.4.2010]. Ultracut Oy, Vaasa. Haastattelu
- /8/ Ultracut Oy. [Online]. Vaasa. [28.3.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
< <http://www.ultracut.fi/index.php?tocID=4>>
- /9/ Wardjet Inc.[Online]. Ohio. Viitattu [10.4.2010] Saatavilla www-muodossa: <<http://www.wardjet.com/aros.html>>

## LIITE 1

**Lähtötilanne. Abrasiivi täyttänyt vesileikkausaltaan.**





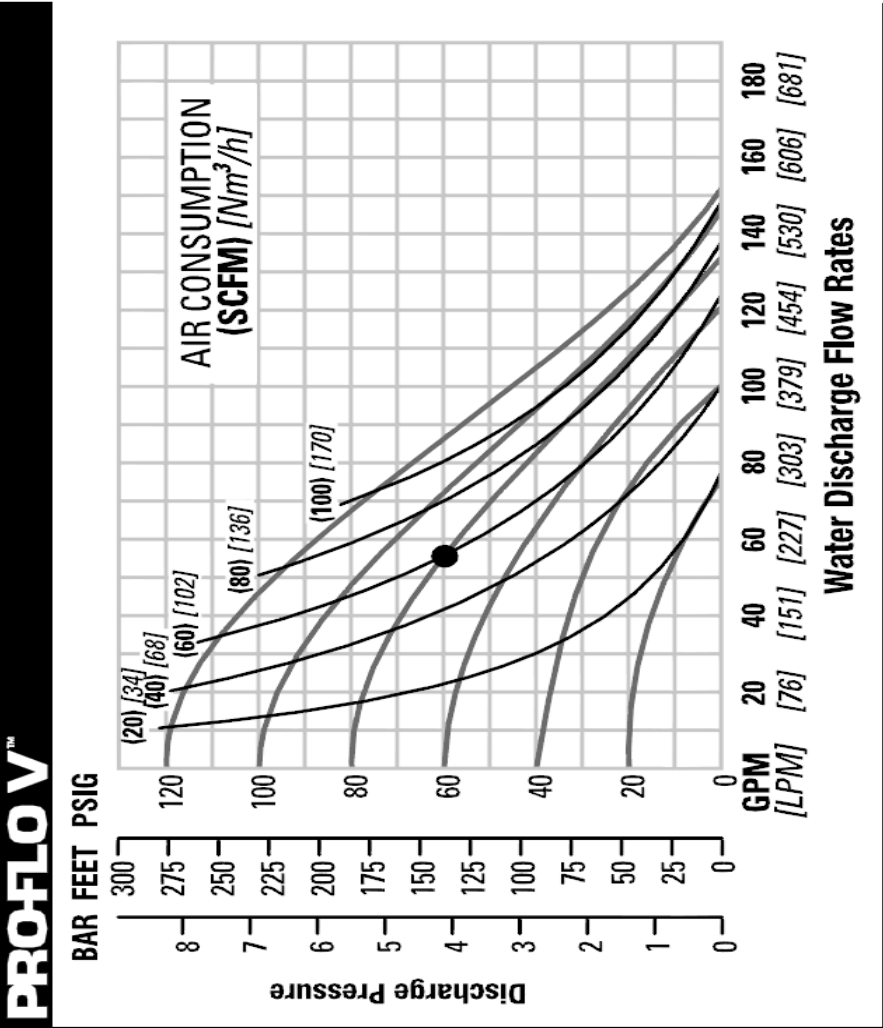
PV8 METAL  
ULTRA-FLEX™-FITTED

Height.....	668 mm (26.3")
Width.....	404 mm (15.9")
Depth.....	340 mm (13.4")
Ship Weight.....	Aluminum 35 kg (78 lbs.)
	316 Stainless Steel 53 kg (117 lbs.)
	Cast Iron 49 kg (109 lbs.)
	Alloy C 54 kg (119 lbs.)
Air Inlet.....	19 mm (3/4")
Inlet.....	51 mm (2")
Outlet.....	51 mm (2")
Suction Lift .....	5.5 m Dry (18.2')
	9.5 m Wet (31.2')
Displacement/Stroke.....	2.1 L (0.56 gal.) <sup>1</sup>
Max. Flow Rate.....	575 lpm (152 gpm)
Max. Size Solids.....	6.4 mm (1/4")

<sup>1</sup>Displacement per stroke was calculated at 4.8 bar (70 psig) air inlet pressure against a 2.1 bar (30 psig) head pressure.

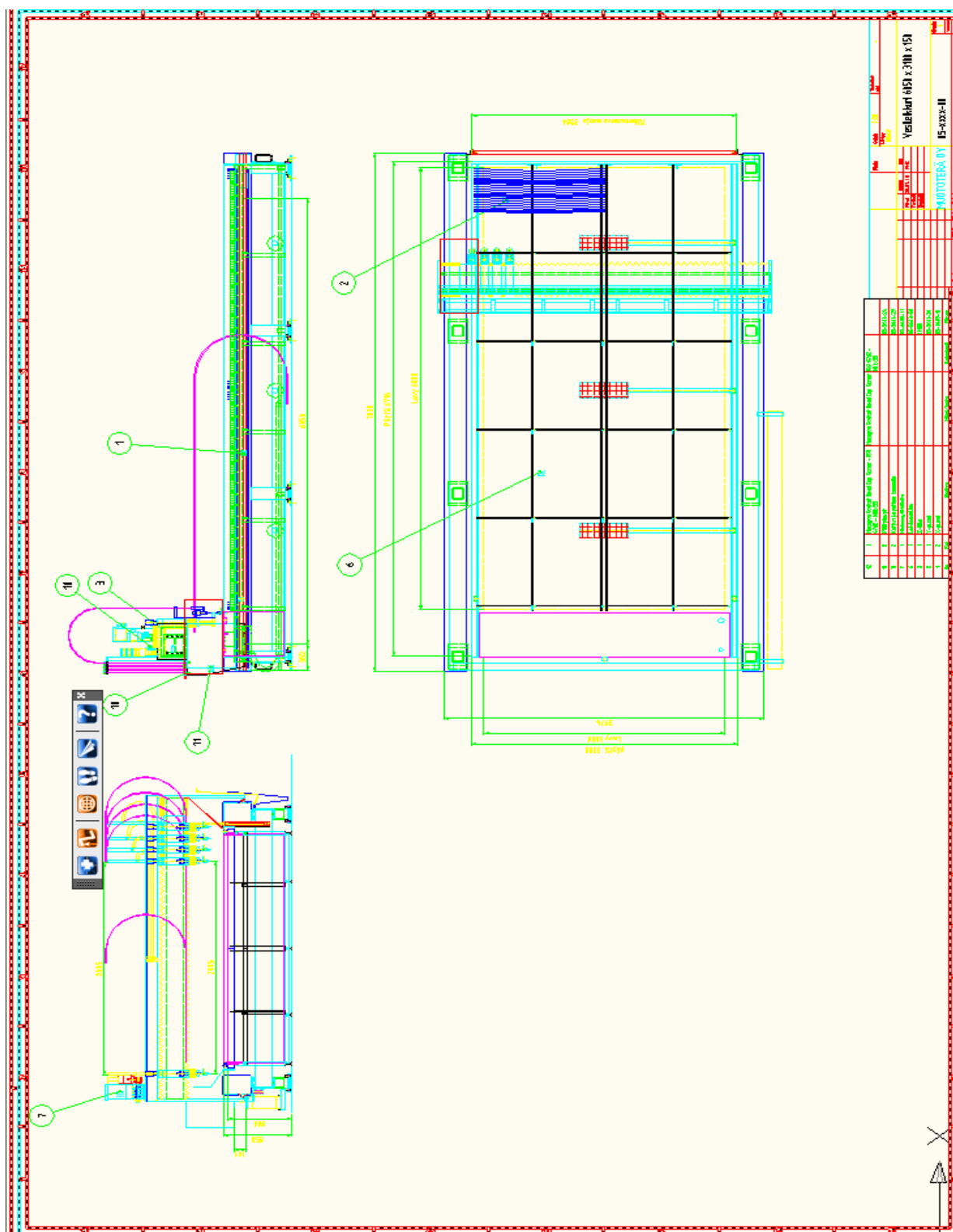
**Example:** To pump 208 lpm (55 gpm) against a discharge pressure head of 4.1 bar (60 psig) requires 5.5 bar (80 psig) and 102 Nm<sup>3</sup>/h (60 scfm) air consumption.

**Caution:** Do not exceed 8.6 bar (125 psig) air supply pressure.



Flow rates indicated on chart were determined by pumping water.  
For optimum life and performance, pumps should be specified so that daily operation parameters will fall in the center of the pump performance curve.

## Muototeräpöydän alkuperäiset piirrustukset



Valitun ratkaisun piirrustukset

